

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3938234 C2

②① Aktenzeichen: P 39 38 234.6-45  
②② Anmeldetag: 17. 11. 89  
④③ Offenlegungstag: 31. 5. 90  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 22. 11. 90

⑤① Int. Cl. 5:  
C23 C 28/02

B 23 K 20/04  
B 22 D 11/00  
B 21 B 3/00  
B 21 B 45/02  
B 21 B 27/06  
F 16 C 33/06  
F 16 C 33/14

DE 3938234 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
19.11.88 DE 38 39 142.2

⑦③ Patentinhaber:  
Glyco-Metall-Werke Daelen & Loos GmbH, 6200  
Wiesbaden, DE

③④ Vertreter:  
Fuchs, J., Dr.-Ing. Dipl.-Ing. B.Com.; Luderschmidt,  
W., Dipl.-Chem. Dr.phil.nat.; Seids, H., Dipl.-Phys.;  
Mehler, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 6200  
Wiesbaden

⑦② Erfinder:

Hodes, Erich, Dipl.-Chem. Dr., 6365 Roßbach, DE;  
Mergen, Robert, Dipl.-Ing., 6200 Wiesbaden, DE

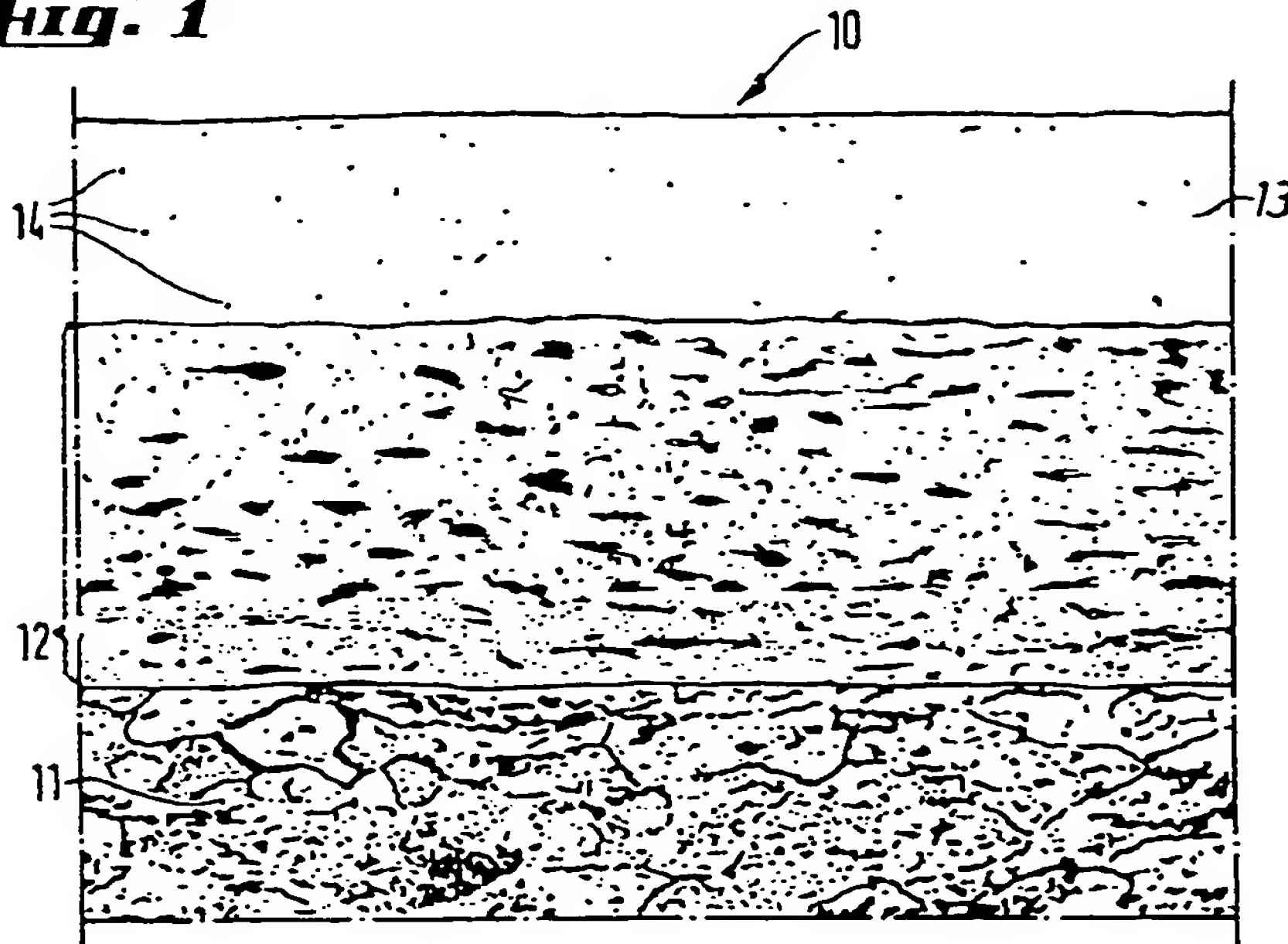
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 37 30 862  
DE-PS 21 30 421  
DE-AS 22 63 268  
DE-AS 15 06 856  
DE 31 37 745 A1  
DE 22 41 628 A1  
DE 17 75 322 A1  
WO 87 04 377

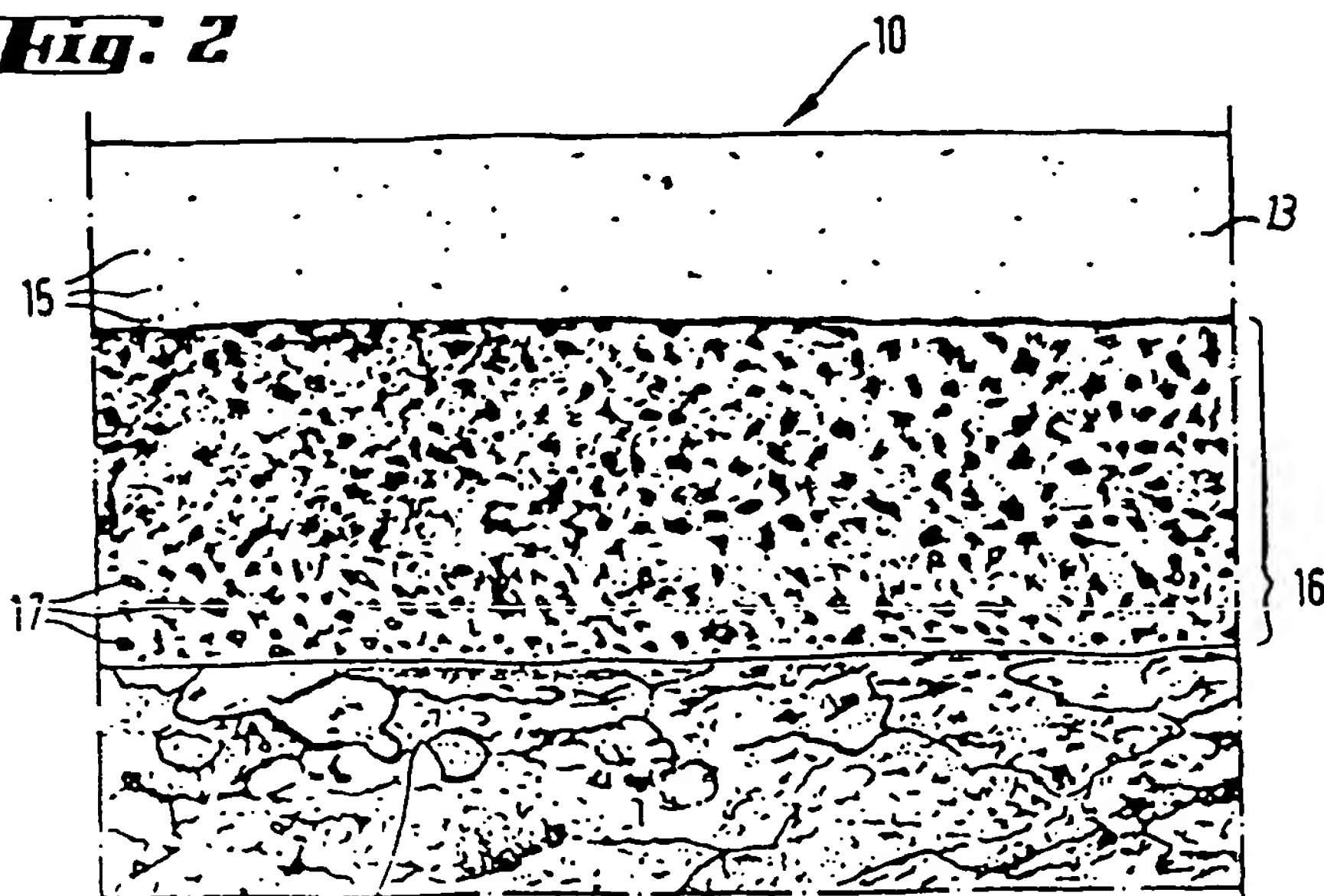
⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes für Gleitelemente

DE 3938234 C2

**Fig. 1**



**Fig. 2**



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes für Gleitelemente mit einer auf eine Trägerschicht aufgetragenen Gleitschicht aus mindestens einer Legierung in Form eines metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems mit Mischungslücke (Monotektikum). Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Legierungen in Form von metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystemen mit Mischungslücke (Monotektikum), die auch als Dispersionslegierung bezeichnet werden, bestehen im allgemeinen aus metallischen Komponenten mit stark unterschiedlichem spezifischen Gewicht. Die schweren Bestandteile, wie z. B. das Pb in AlPb-Dispersionslegierungen, neigen stark zu Segregation, d. h. beim Erstarren der Legierung scheiden sich entsprechend dem Zustandsdiagramm vielfach zuerst Mischkristalle anderer Konzentration ab als im späteren Stadium des Abkühlvorganges, so daß die aus der Schmelze entstandenen Mischkristalle nicht homogen sind. Die Herstellung von AlPb-Werkstoffen für Gleitlagerzwecke unter terrestrischen Bedingungen auf gießtechnischem Wege wird daher durch die z. B. im System AlPb vorhandene Mischungslücke unmöglich gemacht. Die für eine Verwendung als Gleitlagerwerkstoff erforderliche feine Verteilung des Bleis in der Al-Matrix wird nicht erreicht.

Für die Herstellung von Funktionsschichten aus solchen Dispersionslegierungen ist beispielsweise aus DE-OS 31 37 745 die Herstellung von Metallpulver durch Zerstäuben einer Schmelze und Zusammensintern derselben auf einer Trägerschicht bekannt. Das Verfahren führt jedoch zu einer stark inhomogenen Struktur, so daß die erzielten Ergebnisse auf Lagerprüfmaschinen sehr stark schwanken. Darüber hinaus hat sich gezeigt, daß in der Sinterschicht noch vorhandene Poren bei der Beanspruchung des Gleitelementes unter Wechsellast Anlaß zu Anrissen infolge innerer Kerbwirkung geben.

Es ist aus DE-AS 15 08 856 auch bereits ein Verfahren bekannt, das die Anwendung des Stranggießverfahrens auf hoch bleihaltige Aluminiumlegierungen beansprucht. Hierbei soll eine homogene, einphasige Schmelze aus einer Aluminium-Blei-Legierung mit 20 bis 50% Blei zur direkten Herstellung eines Verbund-Lager-Materials auf einen Metallträger aufgegossen werden. Dieses Verfahren führt jedoch zu einer mangelhaften Bindung der AlPb-Gleitschicht (Funktionsschicht) am Stahl. Darüber hinaus kommt es — trotz Wasserkühlung — bereits in der Kokille zu Entmischungen, d. h. der Temperaturgradient zwischen der Temperatur der homogenen Schmelze und der Kokillentemperatur ist zu klein, die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts kann nicht verhindert werden. Somit ergibt sich eine Gleitschicht mit einer homogenen, geseigten Struktur; es wird ein aus zwei Schichten bestehendes, tribologisch nicht verwendbares Sandwich erzeugt, das außerdem noch eine schlechte Bindung zum Träger aufweist.

Es sind aus DE-PS 21 30 421 und der DE-OS 22 41 628 auch bereits Verfahren zur Herstellung eines Verbundmetallstreifens bekannt, bei welchem geschmolzenes Aluminium durch eine Öffnung im Boden des Schmelztiegels hindurchtritt und geschmolzenes Blei in einem dünnen, fadenartigen Strom durch das geschmolzene Aluminium hindurch ebenfalls in die Bodenöffnung des Schmelztiegels geführt wird. Das in der Bodenöffnung

des Schmelztiegels gebildete Schmelzgemisch von z. B. Aluminium und Blei wird dann mittels Gasstrahlen durchgewirbelt und vermischt und auf die obere Oberfläche des vorbeigeführten Substrats geblasen. Eine auf diese Weise gebildete Funktionsschicht ist noch in starkem Maße inhomogen, wobei die Bleiteilchen aufgrund ihrer sehr viel größeren Dichte dazu neigen, bei Auftreffen des durchwirbelten Stromes von Schmelzgemisch auf die Oberfläche des Substrats in starkem Maße zu seigern und zu koagulieren.

Bei einem aus DE-AS 22 63 268 bekannten Verfahren wird ein Schmelzgemisch aus Blei und Aluminium mittels eines in Art eines Saughebers ausgebildeten Rotors in Form feiner Teilchen seitlich abgeschleudert und an einer Prallwand abgeschreckt und zu schuppenförmigem Material verfestigt (Splat cooling). Dieses Material läßt sich jedoch aufgrund seiner schuppenartigen (blättchenförmigen) Struktur weder durch Strangpressen noch durch Pulverwalzen zu einem plattierfähigen Werkstoff verarbeiten. Bei der Herstellung von Formteilen unter Druck und Temperatur (mittels isostatischem Pressen) tritt wiederum Entmischung auf, die zu starker Inhomogenität und damit zur Unbrauchbarkeit so hergestellter AlPb-Massivlager führt.

In der DE-OS 17 75 322 wird ein Gleitlager oder Material zu seiner Herstellung geschildert, das aus Al-Legierungen (z. B. Dispersionslegierungen auf der Basis AlPb, AlSn) besteht, wobei der Al-Werkstoff, der später auf Stahl als Träger aufplattiert wird, durch ein Pulverwalzverfahren hergestellt ist. Das auf diese Weise hergestellte Al-Lagerwerkstoffmaterial weist aufgrund der Verdichtung durch das Pulverwalzen und der sich weiterhin anschließenden Walz- und Plattieroperation eine zeilige Anordnung der weichen Minoritätsphase (z. B. Pb) auf. Solch zeilige Struktur ist jedoch für auf Wechsellast beanspruchte Gleitlager von erheblichem Nachteil, da sich an den Zeilen infolge innerer Kerbwirkung Dauerrisse bilden.

In der PCT WO 87/04 377 wird ein Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe ein 1 bis 5 mm dickes AlPb-Band hergestellt und auf Stahl als Trägerwerkstoff aufplattiert wird. Die hier beschriebene feine Bleiverteilung wird in der Praxis jedoch nicht erreicht, da durch das Walzplattieren das Blei zeilig gestreut wird und sich auch bei anschließender Wärmebehandlung nicht mehr globular einformt. Darüber hinaus zeigt sich, daß bei Bändern in Dicken über 0,5 mm bereits Entmischungen auftreten.

Diesen Nachteil will die DE-PS 37 30 8629-16 vermeiden, indem sie bei Benutzung eines der WO 87/04 377 ähnlichen Melt-Spin-Verfahrens eine AlPb-Folie von 0,5 mm maximaler Dicke mit extrem feiner, globularer Pb-Verteilung beansprucht und dieselbe unter Vermeidung von Walzoperationen durch Ultraschall-Schweißen, Lötens und Kleben auf einen Träger aufbringt.

Es hat sich aber gezeigt, daß das Ultraschall-Schweißen zum einen ein aufwendiges und keineswegs sicheres Verbindungsverfahren ist, die Verfahren des Lötens oder Klebens aber nicht geeignet sind, das für die Herstellung von Gleitlagern benötigte Halbzeug durch ein Bandverfahren herzustellen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes für Gleitelemente mit einer auf eine Trägerschicht aufgetragenen Gleitschicht aus mindestens einer Legierung in Form eines metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems mit Mischungslücke (Mo-



eotectikum) zu schaffen, wobei in der Gleitschicht eine globulare feine Verteilung der dispergierten Metallkomponente (der Minoritätsphase) in einer quasi amorphen metallischen Matrix erreicht werden soll.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 bzw. durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen von Anspruch 22 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ein derartiger Schichtwerkstoff wird durch ein Verfahren erhalten, bei dem die Gleitschicht kontinuierlich aus der Legierung gegossen und sofort anschließend an das Gießen in kontinuierlichem Durchlauf einer Abkühlung mit für die Verhinderung von Teilchenwachstum der unmischbaren metallurgischen Komponenten über Teilchendimensionen von 0,01 bis 1 µm, vorzugsweise < 1 µm, hinaus ausreichend hoher Erstarrungsgeschwindigkeit unterzogen wird. Durch die hohe Abkühlrate wird eine gleichmäßige globulare Verteilung der dispergierten Metallkomponente (Minoritätsphase) in der Matrix der Schmelze eingefroren. Die bei Legierungen dieser Art auftretende Entmischung wird auf ein Mindestmaß herabgesetzt.

Auf diese Weise wird ein Schichtwerkstoff erzeugt, dessen Gleitschicht (Funktionsschicht) aufgrund des quasi amorphen Zustandes ihres Matrixwerkstoffes und aufgrund der im wesentlichen gleichmäßigen, globularen Verteilung der Minoritätsphase mit wesentlich verbesserten Eigenschaften ausgestattet ist. So wird die Festigkeit der Funktionsschicht deutlich erhöht. Desgleichen werden trotz extrem hoher Festigkeit auch die Duktilität und Zähigkeit der Funktionsschicht verbessert.

Vorzugsweise wird die Legierung bzw. werden die Legierungen auf schmelzmetallurgischem Wege hergestellt und dabei sowie bei ihrer Bereithaltung zum Vergießen bei einer Temperatur oberhalb der dem System und der Zusammensetzung entsprechenden Entmischungstemperatur gehalten.

Eine besonders bevorzugte Möglichkeit um im Rahmen der Erfindung eine feine globulare, möglichst gleichmäßige Verteilung der Minoritätsphase in der Matrix zu erreichen, besteht darin, daß der zu vergießenden Legierung bzw. den zu vergießenden Legierungen dem jeweiligen Legierungstyp angepaßte Keimbildner beispielsweise P, B, Ti, Si, Boride, Nitride und Oxide in einem Gewichtsanteil zwischen 0,1 und 3,5% zugesetzt werden. Auf diese Weise läßt sich erreichen, daß sehr schnell eine große Anzahl feinsten Teilchen der Minoritätsphase gebildet werden, die sich aber gegenseitig am Wachstum hindern, so daß auch mit in der Praxis noch erzielbaren hohen Abkühlungsraten eine sehr feine, globulare Verteilung der beim Abkühlen erstarrenden Matrix erreicht wird. Im erfindungsgemäßen Verfahren kommen insbesondere Systeme mit Blei als Minoritätsphase in Betracht, beispielsweise AlPb, FePb, CuPb, MnPb, NiPb, evtl. auch CrPb und CoPb. Daneben kommen auch ähnliche Systeme mit Zinn, Wismut oder Antimon als Minoritätsphase in Betracht wie AlSn, AlBi, AlSb, CrSn. Die Erfindung bietet zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

a) Die Dispersionslegierung wird in Form einer dünnen Schicht oder eines Films auf ein die Trägerschicht bildendes Substrat gegossen, bevorzugt kontinuierlich auf ein bandförmiges Substrat. Bei diesem Aufgießen und anschließendem raschen Abkühlen werden die oben angesprochenen erfindungsgemäßen Maßnahmen zur Erzielung einer

feinen globularen Verteilung der Minoritätsphase in der Metallmatrix angewandt. Das Aufgießen der Gleitschicht kann in einer oder auch in mehreren Stufen erfolgen. Ein mehrstufiges Aufgießen würde dann vorsehen, daß zunächst ein erster dünner Film aufgegossen und sofort anschließend rasch und wirksam abgekühlt wird. Nach dem Erstarren des ersten aufgegossenen Filmes wird über diesen ein zweiter Film aufgegossen und ebenfalls wieder rasch zum Erstarren gebracht. Ein solcher Aufbau der Gleitschicht kann in mehreren Stufen erfolgen. Dabei können die einzelnen aufgeschmolzenen Filme unterschiedliche Dicke aufweisen. Die Filme können auch unterschiedliche Legierungszusammensetzung aufweisen. Durch Anwendung unterschiedlicher Legierungen und/oder unterschiedliche Abkühlbedingungen können auch innerhalb der Gleitschicht dünne Schichten unterschiedlicher Struktur gebildet werden.

b) Eine andere Möglichkeit für die Bildung der Gleitschicht besteht darin, daß zunächst die Gleitschicht in Form eines Bandes oder einer Folie frei von der Trägerschicht gegossen und nach dem Abkühlen mit Hilfe eines Fügeverfahrens mit Hilfe beispielsweise eines Laserstrahles fortlaufend auf der Trägerschicht angebracht wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich ohne weiteres auch Dreistoff-Gleitlager herstellen. Dies läßt sich bei beiden grundsätzlichen Arbeitsmöglichkeiten erreichen, indem die Gleitschicht direkt auf ein vorbeschichtetes Band aufgegossen wird. Soll die Gleitschicht frei von der Trägerschicht gegossen und auf diese aufgefügt werden, so kann auch in diesem Fall ein vorbeschichtetes Band als Trägerwerkstoff für die gegossene Gleitschicht-Folie benutzt werden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens können solche Bänder einen Stahlrücken und eine Zwischenschicht aus einer der folgenden Legierungen aufweisen:

- Kupfer-Blei-Legierungen, beispielsweise Pb 9 bis 25%, Sn 1 bis 11%, Fe, Ni, Mn kleiner/gleich 0,7%, Rest Cu;
- Kupfer-Aluminium-Legierungen, beispielsweise Al 5 bis 8%, Rest Cu;
- Aluminium-Zinn-Legierungen, beispielsweise Cu 0,5 bis 1,5%, Sn 5 bis 23%, Ni 0,5 bis 1,5%, Rest Al;
- Aluminium-Nickel-Legierungen, beispielsweise Ni 1 bis 5%, Mn 0,5 bis 2%, Cu kleiner/gleich 1%, Rest Al;
- Aluminium-Zink-Legierungen, beispielsweise Zn 4 bis 6%, Si 0,5 bis 3%, Cu bis 2%, Mg bis 1%, Rest Al.

Es hat sich herausgestellt, daß auf diese Weise ein Schichtwerkstoff aus Stahl/Zwischenschicht mit aufgegossener oder mit einem anderen Fügeverfahren aufgetragener Funktionsschicht sicher und fortlaufend hergestellt werden kann, und zwar bevorzugt in der gewünschten Dicke der Funktionsschicht.

Zur Erhöhung der Festigkeit der Matrixwerkstoffe und Anhebung des Verschleißwiderstandes können den Schmelzen noch weitere Elemente beigegeben werden. So hat sich gezeigt, daß man einer AlPb-Dispersionslegierung noch etwa 1 bis 4 Gew.-% Silicium, 0,2 bis

1 Gew.-% Mg und 0,1 bis 1,5 Gew.-% Co beigegeben kann, um eine verschleißfeste Funktionsschicht zu erhalten. Zur Verbesserung des Korrosionswiderstandes der Minoritätsphase Blei empfiehlt sich darüber hinaus eine Zugabe von 0,5 bis 3 Gew.-% Zinn. Bei Legierungen auf Kupferbasis wie CuPb22 werden üblicherweise 0,5 bis 2 Gew.-% Sn und 0,2 bis 1 Gew.-% Fe zugegeben.

Zur Verbesserung der Bindungsfestigkeit zwischen Gleitschicht und Zwischenschicht kann ggf. eine Bindungs- bzw. Diffusionssperrschicht zwischen Gleitschicht und Zwischenschicht z. B. aus Ni, Zn, Fe, Co (insbesondere bei Legierungen auf Kupferbasis) sowie auch NiSn, CuZn, Co, CuSn (insbesondere bei Aluminiumlegierungen) sinnvoll sein.

Zur Durchführung des Verfahrens ist bevorzugt von einer Vorrichtung auszugehen, die ausgestattet ist mit einem Tiegel zum Erhitzen und/oder Gießbereithalten einer Legierung in Form eines mit Mischungslücke behafteten metallischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems, mit an den Tiegel angeschlossener Gießeinrichtung zum Ausgießen eines Bandes aus der Legierung, ferner mit Einrichtungen zum Auffangen des ausgegossenen Bandes und zum Abführen aus der Gießstelle sowie mit Kühleinrichtungen für das die Gießstelle verlassende, gegossene Legierungsband. Erfindungsgemäß soll dabei die Gießeinrichtung zur Ausbildung eines film- oder folienförmigen dünnen Bandes frei oder als Auflage auf ein Substrat ausgebildet sein und die Kühleinrichtung eine zwangsgekühlte Auffangfläche für die zu gießende Folie oder eine zwangsgekühlte Widerlagerfläche für das zu begießende Substrat sowie auf die freie Oberfläche der gegossenen Folie bzw. des ausgegossenen Films gerichtete, hochwirksame Kühleinheiten enthalten.

In besonders vorteilhaften Ausführungsformen ist die Vorrichtung mit stark zwangsgekühlten Walzen ausgestattet, insbesondere einer stark zwangsgekühlten Walze als Aufhänger für die gegossene Folie oder Träger für das zu begießende Substrat. In anderer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann eine flach geführte Führungs- bzw. Transportbahn vorgesehen sein, die ggf. gekühlt sein kann. Quer über diese Führungs- bzw. Transportbahn ist eine Gießfließ-Vorrichtung für die geschmolzene Legierung angeordnet, dessen Abstand oberhalb der Führungsbahn bzw. oberhalb eines auf die Führungsbahn aufgelegten Substrats einstellbar ist. Mit solcher Gießfließ-Vorrichtung läßt sich besonders günstig eine Gleitschicht in mehrstufigem Aufbau auf ein Substrat aufgießen. Man wird hierzu in gegenseitigen Abständen in Transportrichtung hintereinander eine Mehrzahl solcher Gießfließ-Vorrichtungen anordnen und zwischen den Gießfließ-Vorrichtungen und hinter dem letzten Gieß- und Fließbalken auf die freie Oberfläche des aufgegossenen Filmes oder auf die freie Oberfläche der gegossenen Folie wirkende Kühleinheiten einsetzen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen stark vergrößerten Teilschnitt aus einem Schichtwerkstoff mit aufgegossener Gleitschicht aus Dispersionslegierung;

Fig. 2 einen stark vergrößerten Teilschnitt aus einem Schichtwerkstoff gemäß einer anderen Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Herstellungsvorrichtung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer gegenüber

Fig. 3 abgewandelten Herstellungsvorrichtung;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform der Herstellungsvorrichtung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer gegenüber

Fig. 5 abgewandelten Herstellungsvorrichtung;

Fig. 7 eine weitere Ausführungsform der Herstellungsvorrichtung in schematischer Darstellung und

Fig. 8 einen stark vergrößerten Teilschnitt aus einem mit einer Herstellungsvorrichtung gemäß Fig. 7 hergestellten Schichtwerkstoff mit aufgelöteter Gleitschicht aus Dispersionslegierung.

Die Fig. 1 zeigt einen stark vergrößerten Teilschnitt aus einem Schichtwerkstoff 10, mit aufgegossener Gleitschicht 13 aus Dispersionslegierung AlPb8Si4SnCu und einer Zwischenschicht 12 aus AlZn5SiCuPbMg mit einem Trägerwerkstoff 11 aus Stahl. Die Funktionsschicht 13 enthält eine quasi-amorphe Aluminiummatrix und in dieser globular fein verteilte Bleiteilchen, von welchen überhaupt nur die größeren Bleiteilchen 14 in der Darstellung der Fig. 1 in Erscheinung treten und Dimensionen in der Größenordnung von  $10^{-2}$   $\mu$ m haben. Die große Menge der Bleiteilchen ist kleiner und bei der in Fig. 1 gewählten Vergrößerung nicht sichtbar. Die große Menge der Bleiteilchen ist nicht zuletzt dadurch hervorgerufen, daß der Dispersionslegierung ein dem Legierungstyp angepaßter Keimbildner, beispielsweise P, B, Ti, Si, Borid, Nitrid oder Oxid in einem Gewichtsanteil von beispielsweise 2% zugesetzt worden ist. Hierdurch wurde in der Dispersionslegierung sofort dem Keimbildner eine sehr große Menge sehr feiner Bleiteilchen erzeugt, die sich aber beim Gießen und Kühlen der Gleitschicht 13 gegenseitig am Wachstum behindert haben, so daß durch sehr rasches Abkühlen oder Abschrecken mit einer Abkühlgeschwindigkeit in der Größenordnung von  $10^2$  bis  $10^5$  K/s die große Menge der Bleiteilchen so fein halten ließ, daß ihre Dimensionen unterhalb von  $10^{-2}$   $\mu$ m liegen. Sowohl bei den größeren Bleiteilchen 14 als auch bei den nicht sichtbaren kleineren Bleiteilchen konnte durch die sehr rasche Abkühlung bzw. Abschreckung der gegossenen Gleitschicht 13 die Seigerung der Bleiteilchen stark vermindert werden. In der Aluminiummatrix der Gleitschicht 13 ist durch Einfluß von Kristallisationshemmern (Glasbildnern) für die beispielsweise Si, B, P, Fe, Co oder Ti einzeln oder in Gemischen mit einem Gewichtsanteil von 0,2 bis 2% in Betracht kommen, und durch die sehr rasche Abkühlung der gegossenen Gleitschicht 13 die bisher für Aluminiumlegierungen typische Kristallisation des Aluminiums erheblich vermindert worden.

Die Zwischenschicht 12 zeigt im Unterschied zur Gleitschicht 13 eine für gegossene Aluminiumlegierungen typische Struktur.

Im Beispiel der Fig. 2 handelt es sich um einen Schichtwerkstoff 10 mit Trägerschicht 11 aus Stahl und Gleitschicht 13 als Funktionsschicht aus Aluminium/Blei-Dispersionslegierung AlPb10Si7SnCu, d. h. mit einem Bleigehalt von 10 Gew.-% und einem Gehalt von 7 Gew.-% an Silicium, das in diesem Fall sowohl als Keimbildner für die Minoritätsphase Blei als auch als Kristallisationshemmer im Aluminium wirkt. Wie aus der Fig. 2 erkennbar ist, befinden sich in der quasi-amorphen Aluminiummatrix der Funktionsschicht 13 dispergierte Bleiteilchen in globular feiner Verteilung, wobei wiederum nur die größeren Bleiteilchen mit Größendimension bei  $10^{-2}$   $\mu$ m erkennbar sind. Das Silicium ist zum größten Teil als Glasbildner in der quasi-amorphen Aluminiummatrix gelöst und zum kleineren Teil als Keimbildner in die Minoritätsphase Blei aufgenom-



men. Das Zinn ist im wesentlichen als Korrosionsschutz in das Blei aufgenommen.

Die Zwischenschicht 16 besteht in diesem Beispiel aus einer Dispersionslegierung CuPb22Sn und weist im dargestellten Beispiel die für diese Dispersionslegierung typische Verteilung der Bleiteilchen 17 auf.

Eine Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Herstellung eines oben beschriebenen Schichtwerkstoffes mit Gleitschicht 13 aus Legierungen mit Mischungslücke ist in zwei Varianten in den Fig. 3 und 4 dargestellt.

Die Legierung bzw. die Dispersionslegierung wird aufgeschmolzen und in einen Tiegel 21 eingegeben, der an seinem unteren Ende einen Auslaß 22 für einen feinen Strahl 23 der Schmelze aufweist. Wie durch den Pfeil 24 angedeutet, wird dem Tiegel 21 von der Oberseite her ein unter Druck stehendes Gas zugeführt, das sich gegenüber der Schmelze inert verhält und sich auch möglichst wenig in der Schmelze löst. Der Tiegel 21 ist in den dargestellten Beispielen von einer Induktionsspule 25 umgeben, mit der die Schmelze auf einer vorher festgelegten Temperatur gehalten wird, bei der sie ausreichend flüssig ist, um durch den Auslaß gepreßt zu werden und einen feinen Strahl 23 zu bilden. Sofern eine Dispersionslegierung zu verarbeiten ist, kann der Tiegel 21 zusätzlich Rühr Einrichtungen oder Vibrationseinrichtungen aufweisen, die das Schmelzegemisch der Dispersionslegierung fortwährend intensiv durchmischen und in feiner Verteilung ihrer Mischungsbestandteile halten. Diese Mischeinrichtungen oder Vibrationseinrichtungen sind einfachheitshalber in den Fig. 3 und 4 nicht dargestellt.

Die Trägerschicht 11 wird in Form eines Metallbandes 40 von einer Haspel abgewickelt und um einen stark zwangsgekühlten Zylinder 26 geschlungen. Bevor das Metallband 40 den Zylinder 26 erreicht, durchläuft es eine Oberflächen-Reinigungs- und -Entoxidationsvorrichtung 41, beispielsweise Bürsteneinrichtung, um sicherzustellen, daß die zu beschichtende Oberfläche des Metallbandes 40 frei von Oxiden ist. Zur weiteren Vorbereitung für das Begießen läuft das Metallband 40 durch eine Temperiervorrichtung, um die sofortige Bindung der aufgegossenen Legierung mit der Oberfläche des Metallbandes 40 sicherzustellen. Um den so eingestellten Zustand bis zum Begießen beizubehalten, wird das Metallband 40 unter einer Schutzgasatmosphäre, was durch die Schutzgasglocke 42 angedeutet ist, bis zum Austritt des Tiegels 21 geführt. Auch das Begießen selbst und das anschließende Kühlen finden in diesem Beispiel unter der Schutzgasglocke 42 statt.

Der aus dem Tiegel nach unten ausgepreßte dünne, band- oder flächenförmige Strahl 23 aus geschmolzener Legierung oder Schmelzegemisch einer Dispersionslegierung trifft im Beispiel der Fig. 3 mit einem spitzen Winkel 9 auf die Oberfläche des Metallbandes 40. Der Winkel 9 ist dabei so gewählt, daß sich der Strahl 23 ohne seitliches Abspritzen oder Zurückspritzen auf der Oberfläche des Metallbandes 40 sofort in Art eines dünnen Filmes 20 verteilt. Die Abkühlung erfolgt dabei in erster Linie von dem Zylinder 26 her. Um jedoch auch die freiliegende, beschichtete Seite des Schichtwerkstoffes 10 intensiv zu kühlen, ist im Beispiel der Fig. 3 vorgesehen, daß mittels einer Düsenanordnung 27 Strahlen 28 von kaltem Gas oder kalter Flüssigkeit auf die Schicht 20 gelenkt werden.

Die Abkühlgeschwindigkeit der Schicht 20 auf der gekühlten Walze 26 unter Gegenwirkung der Kühlstrahlen 28 liegt oberhalb  $10^2$  K/s bis zu etwa 10 K/s.

Dementsprechend wird eine echte Legierung, die den Film 20 bildet, in quasi-amorphem Zustand gehalten, insbesondere wenn der Legierung Kristallisierungshemmer (Glasbildner) beigegeben sind. Wird eine Dispersionslegierung mit Mischungslücke ihrer Bestandteile verarbeitet, so ergibt sich ein Film 20, in welchem der die Matrix bildende Bestandteil der Dispersionslegierung sich in quasi-amorphem Zustand befindet, während der in dieser Matrix dispergierte Bestandteil (Minoritätsphase) globular fein in der Matrix verteilt ist.

In der Arbeitsweise gemäß Fig. 4 wird das Schmelzegemisch einer Dispersionslegierung in einen Tiegel 21 gegeben und in diesem entsprechend dem Pfeil 24 mittels eines gasförmigen Mediums unter Druck gesetzt. Der Tiegel 21 läßt an seinem unteren Ende 22 die Schmelze bzw. das Schmelzegemisch in einem Strahl in den Spalt 30 eintreten, der zwischen dem über eine Walze 31 geführten Metallband 40 und einer gegenübergesetzten Walze 32 gebildet ist. Beide Walzen 31 und 32 sind stark zwangsgekühlt. Die Weite des Walzenspaltes 30 ist entsprechend der gewünschten Dicke der herzustellenden Schicht 20 eingestellt. Wie in Fig. 4 angedeutet ist, bildet sich vor dem Spalt 30 eine kleine Ansammlung von Schmelze oder Schmelzegemisch, ohne daß an dieser Stelle eine nennenswerte Verzögerung in der Überführung der Schmelze bzw. des Schmelzegemisches vom Auslaß 22 des Tiegels 21 in den Spalt 30 eintreten soll. Die beiden Walzen 31 und 32 üben somit keine nennenswerte Druckwirkung auf den zu bildenden Schichtwerkstoff aus, sondern lediglich eine gewisse glättende Wirkung an der Oberfläche der entstehenden Schicht 20. Ferner wird durch die kleine Materialansammlung am Spalt 30 eine Verteilung der Schmelze bzw. des Schmelzegemisches in axialer Richtung der Walzen 31 und 32 vorgenommen, so daß auch Bänder größerer Breite als im Beispiel nach Fig. 3 herstellbar sind. Um dieses axiale Verteilen der Schmelze bzw. des Schmelzegemisches längs des Spaltes 30 zu erleichtern, ist der Tiegel 21 in einer Schräglage mit dem Winkel  $\theta$  angeordnet, um auf diese Weise die im Tiegel 21 unter Druck gesetzte Schmelze bzw. das Schmelzegemisch direkt in den Spalt 30 zu spritzen.

Die Oberfläche der Walze 32 ist so gestaltet, daß sie praktisch keine Bindung mit der geschmolzenen Legierung oder einem der Bestandteile einer zu verarbeitenden Dispersionslegierung eingeht. Um den im Spalt 30 gebildeten Film 20 auf der Oberfläche des Metallbandes 40 zu halten, ist die obere Walze 32 mit einem Bandabnehmer 33 ausgestattet. Um den am Ausgang des Spaltes 30 gebildeten Film 20 auf der freiliegenden Oberfläche zu kühlen, ist zunächst eine Kühldüse 34 vorgesehen, die einen Strahl von kaltem gasförmigem oder flüssigem Medium gegen den Ausgang des Spaltes 30 richtet.

Das Metallband 40 wird weiterhin durch die Kühlwalze 31 gekühlt, um eine zusätzliche Kühlung des Filmes 20 vom Metallband 40 her zu bewirken bzw. ein Nachwärmen des Filmes 20 vom Metallband 40 her zu vermeiden.

Der Kühlwalze 31 ist eine dritte Kühlwalze 35 gegenübergestellt, die stark zwangsgekühlt ist, um den Film 20 an der von der Walze 32 und dem Kühlmittelstrahl aus der Düse 34 abgeschreckten Seite weiter zu kühlen. Hinter der dritten Kühlwalze 35 ist noch eine vierte Kühlwalze 36 vorgesehen, die das Metallband mit dem Film 20 von der Walze 31 übernimmt. Um eine wirksame Auflage des Filmes 20 auf der Oberfläche der vierten Kühlwalze 36 zu erzwingen, ist eine ebenfalls gekühlte

Umlenkwalze 38 der vierten Kühlwalze 36 gegenübergestellt. Von der vierten Kühlwalze 36 wird dann das Band von Schichtwerkstoff 10 mittels eines Bandabnehmers 39 abgenommen. Gegenüber der Arbeitsweise nach Fig. 3 ist in dem Beispiel gemäß Fig. 4 eine noch weitere Intensivierung des Kühlvorganges vorgenommen, so daß zum in die Gleitschicht 13 übergehenden Film 20 Kühlraten in der Größe zwischen  $10^3$  K/s bis  $10^6$  K/s erzielt werden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, auch Schichten 20 größerer Dicke, beispielsweise von 0,5 mm Dicke, herzustellen und auf ihrer gesamten Dicke so intensiv abzuschrecken, daß der amorphe Zustand des metallischen Werkstoffs während des Kühlvorganges eingefroren wird. Schließlich bietet die Arbeitsweise nach Fig. 4 auch die Möglichkeit zur Herstellung breiterer Bänder, insbesondere bei Anordnung mehrerer Tiegel 21 nebeneinander längs des Spaltes 30.

Das nach einer der Arbeitsweisen gemäß Fig. 3 oder Fig. 4 hergestellte Band von Schichtwerkstoff 10 wird dann auf einer nicht dargestellten Haspel aufgewickelt.

Falls ein Schichtwerkstoff 10 mit einer Zwischenschicht 12 oder 16 hergestellt werden soll, wird ein Metallband 40 in Form eines Laminats der Vorrichtung nach Fig. 3 oder Fig. 4 zugeführt, das bereits der zu beschichtenden Seite mit dem Metall der Zwischenschicht belegt ist.

In den Beispielen der Fig. 5 und 6 wird das zu begießende Substrat darstellende Metallband 40 mit der Geschwindigkeit  $v$  in der durch einen Pfeil angedeuteten Transportrichtung 44 über eine ggf. zwangsgekühlte Führungs- und Transportbahn 45 kontinuierlich hinwegbewegt. Oberhalb der Führungs- und Transportbahn 45 ist in einem Abstand ein zur Gießeinrichtung gehörende Gießfließ-Vorrichtung 46 angebracht. Die Anbringungshöhe der Gießfließ-Vorrichtung 46 oberhalb der Führungs- und Transportbahn 45 ist derart eingestellt, daß zwischen der im wesentlichen parallel zur Führungs- und Transportbahn 45 liegenden unteren Fläche der Gießfließ-Vorrichtung 46 und der oberen Fläche des auf der Führungs- und Transportbahn 45 liegenden Metallbandes 40 ein vorher festgelegter Abstand  $d$  ist, derart, daß Legierungsschmelze aufgrund ihrer Oberflächenspannung in dem so gebildeten Spalt im wesentlichen gegen Ausfließen festgehalten ist, wie dies im linken Teil der Fig. 5 erkennbar ist. An derjenigen Seite, an der sich das Metallband 40 unter der Gießfließ-Vorrichtung 46 herausbewegt, bildet sich durch die Haftung der Legierungsschmelze an der Oberfläche des Metallbandes 40 ein Film 20 aus, dessen Dicke  $\delta$  geringer als der Abstand  $d$  der unteren Fläche der Gießfließ-Vorrichtung 46 von der Oberfläche des Metallbandes 40 ist, aber aufgrund dieses Abstandes  $d$ , der Transportgeschwindigkeit  $v$  des Metallbandes 40 und aufgrund eines evtl. auf die Schmelze ausgeübten Druckes und des dadurch beeinflussten Volumenstromes  $V$  der Schmelze und der Abmessungen  $l_1, l_2$  der Gießfließ-Vorrichtung 46 reproduzierbar und berechenbar ist.

Der sich beim Verlassen der Gießfließ-Vorrichtung 46 auf dem Metallband 40 ausbildende Film wird einerseits von dem gekühlten Metallband 40 her und andererseits durch evtl. auf die freie Oberfläche des Filmes 20 gerichtete Kühleinheiten, beispielsweise Gasstrahlen oder Flüssigkeitsstrahlen sehr schnell abgekühlt, beispielsweise in einer Abkühlgeschwindigkeit bei  $10^2$  bis  $10^4$  K/s.

Wie Fig. 6 zeigt, eignet sich eine Gießeinrichtung mit Gießfließ-Vorrichtung 46 besonders vorteilhaft zum

mehrstufigen Aufbau der Gleitschicht aus zwei oder mehr nacheinander auf das Substrat aufgegossene Filme 20. Dieser zwei- oder mehrstufige Aufbau der Gleitschicht bietet den Vorteil, daß die sehr dünnen Legierungsfilme 20 entsprechend rasch abgekühlt werden können, so daß durchaus Kühlgeschwindigkeiten in der Größe von  $10^3$  bis  $10^5$  K/s erreichbar sein können. Zwischen den aufeinanderfolgenden Gießfließ-Vorrichtungen und hinter der letzten Gießfließ-Vorrichtung 46 können jeweils auf die freie Oberfläche des soeben frisch gebildeten Legierungsfilms 20 gerichtete Kühleinheiten, beispielsweise Düsenanordnungen 27 zur Erzeugung von Kühlmittelstrahlen 28 vorgesehen sein. In den Beispielen der Fig. 5 und 6 erstreckt sich die Gießfließ-Vorrichtung 46 quer über die Führungs- und Transportbahn 45, im allgemeinen rechtwinklig zur Vorschubrichtung 44. Es ist aber auch denkbar, den Gießfließ-Vorrichtungen bzw. die Gießfließ-Vorrichtung in einer Winkelsteilung schräg über der Führungs- und Transportbahn 45 anzuordnen.

Im Beispiel der Fig. 6 ist vorgesehen, die zur Beschichtung des Substrats bzw. des Metallbandes 40 gebildeten Filme 20 aus gleicher Legierung und in gleicher Dicke auszubilden. Dabei wird allerdings ein gewisser Strukturunterschied in den beiden aus den Filmen 20 entstandenen Teilschichten der Gleitschicht zu erwarten sein, weil die untere Teilschicht beim Aufgießen des zweiten Filmes zumindest teilweise noch einmal aufgewärmt wird.

Überhaupt bietet die Vorrichtung in ihrer Ausführungsform nach den Fig. 5 und 6 besonders günstige Steuerungsmöglichkeiten. So kann die definierte Dicke des Flüssigkeitsfilms durch Regelung der Vorschubgeschwindigkeit des festen, metallischen Substrats eingestellt werden. Auch die Abkühlgeschwindigkeit der aufgegossenen Schicht kann durch Regelung der Vorschubgeschwindigkeit des festen metallischen Substrats eingestellt werden. Die Einstellung der definierten Dicke des Flüssigkeitsfilms kann auch durch Veränderung der Geometrie der Ausflußstelle der Legierung vorgenommen werden, und zwar einmal durch Änderung des Abstandes  $d$  zwischen der Unterseite der Gießfließ-Vorrichtung 46 und der Oberfläche des Metallbandes 40 und zum anderen auch durch Veränderung der Abmessungen der Gießfließ-Vorrichtung. Durch die Einstellung dieses Abstandes  $d$  zwischen der Unterseite der Gießfließ-Vorrichtung 46 und der Oberfläche des Metallbandes 40 kann auch die Abkühlgeschwindigkeit der aufgegossenen Schicht bzw. des aufgegossenen Filmes 20 beeinflusst und eingestellt werden.

In Fig. 7 ist eine Ausführungsform der Vorrichtung dargestellt, bei der eine die Gleitschicht bildende Folie 47 zunächst unabhängig von dem Substrat bzw. Metallband 40 hergestellt und nach ihrem Abkühlen und Erstarren durch ein Fügen mit Hilfe eines Laserstrahls mit dem Metallband 40 vereinigt wird. Bei dieser Vorrichtung wird die Legierung bzw. die Dispersionslegierung in geschmolzenem Zustand in einen Tiegel 21 eingegeben, der an seinem unteren Ende einen Auslaß 22 für einen Schmelzestrahle aufweist. Dieser Schmelzestrahle trifft direkt auf die Oberfläche eines stark zwangsgekühlten Zylinders 26 und bildet dort eine Folie 47, die von dem Zylinder 26 her sehr rasch gekühlt und unter einer Düsenanordnung 27 vorbeigeführt wird, von der Strahlen 28 von kaltem Gas oder kalter Flüssigkeit auf die freie Oberfläche der Folie 47 gelenkt werden. Die Dicke der Folie 47 läßt sich bestimmen durch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Zylinders 26 und durch



den im Inneren des Tiegels 21 mittels Inertgas aufgebauten Auspreßdruckes, wie dies durch den Pfeil 24 angedeutet ist. Das Aufgießen der Dispersionslegierung oder Legierung auf die Oberfläche des Zylinders 26 erfolgt unter einem Winkel 9 der derart eingerichtet ist, daß keine Teile der Legierung beim Auftreffen auf die Oberfläche des Zylinders 26 abspritzen. Die Oberfläche des Zylinders 26 ist derart ausgebildet, daß es zu keiner Bindung zwischen der aufgegossenen Legierung und der Zylinderoberfläche kommt, sondern lediglich zu einem intensiven Wärmeübergang.

Die Abkühlgeschwindigkeit der Folie 47 auf dem zwangsgekühlten Zylinder 26 und der Gegenwirkung der Kühlstrahlen 28 liegt zwischen etwa  $10^6$  K/s und etwa  $10^8$  K/s bis zu etwa  $10^9$  K/s. Dementsprechend ist eine echte Legierung, die die Folie 47 bildet, im wesentlichen in amorphem Zustand gehalten. Wird eine Dispersionslegierung mit Mischungslücke ihrer Bestandteile in der angegebenen Weise zu einer Folie 47 verarbeitet, so ergibt sich in dieser Folie 47 eine Matrix in im wesentlichen amorphem Zustand, während der in dieser Matrix dispergiert. Bestandteil globular außerordentlich fein verteilt ist. Die so gebildete Folie 47 wird an eine stark zwangsgekühlte Walze 32 übergeben. Dieser Walze 32 ist eine ebenfalls stark zwangsgekühlte Walze 31 gegenübergestellt, so daß ein Spalt 30 gebildet ist, in den die Folie 47 und ein um die Walze 31 geschlungenes bandförmiges Substrat, beispielsweise ein Metallband 40 zugeführt werden. In diesen Zuführungsspalt wird ein Laserstrahlbündel 48 mit einem Winkel  $\alpha$  derart gerichtet, daß ein leichtes Aufwärmen an den zusammenlaufenden Oberflächen der Folie 47 und des Metallbandes 40 eintritt. Durch leichtes Zusammendrücken ohne nennenswerte Dickenreduzierung werden die Folie 47 und das Metallband 40 an den angewärmten Oberflächen miteinander verlötet. Die so vereinigten Bänder werden zwischen der Walze 31 und einer ihr gegenübergestellten weiteren Kühlwalze weiterhin abgekühlt und einer vierten Kühlwalze 36 übergeben. Dieser weiteren Kühlwalze 36 ist eine ebenfalls gekühlte Umlenkwalze 38 gegenübergestellt. Von der vierten Kühlwalze 36 wird dann das Band von Schichtwerkstoff 10 mittels eines Bandabnehmers 39 abgenommen. Gegenüber der Arbeitsweise nach den Fig. 3 und 4 sowie der Arbeitsweise nach den Fig. 5 und 6 ist notwendigerweise ein gewisses Aufwärmen der miteinander zu verlötenden Oberflächen vorzunehmen. Dadurch kommt es zu gewissen Strukturänderungen an den verlöteten Oberflächenbereichen, wie sie in Fig. 8 dargestellt sind. Fig. 8 zeigt einen Aufbau des Schichtwerkstoffs 10, der im wesentlichen demjenigen nach Fig. 1 entspricht, also einen Schichtwerkstoff mit Trägerwerkstoff 11 aus Stahl, Zwischenschicht 12 aus  $\text{AlZn5SiCuPbMg}$  und Gleitschicht 13 aus Dispersionslegierung  $\text{AlPb8Si4SnCu}$ . Im Unterschied zu dem Schichtwerkstoff nach Fig. 1 ist beim Schichtwerkstoff nach Fig. 8 eine gewisse Strukturvergrößerung in der Zwischenschicht 12 an der Verbindungsfläche 49 zur Gleitschicht 13 hin eingetreten. In der Gleitschicht 13 sind im Bereich der verlöteten Verbindungsfläche 49 zur Zwischenschicht 12 hin durch das für das Verlöten notwendige Aufwärmen etwas mehr größere Bleiteilchen 14 entstanden. Diese Strukturvergrößerung und die Entstehung von etwas mehr größerer Bleiteilchen 14 können aber ohne weiteres in Kauf genommen werden, im Hinblick auf die Tatsache, daß durch die Herstellung der Gleitschicht 12 als Folie eine sehr viel schnellere Abkühlung der die Gleitschicht 13 bildenden Folie ermöglicht wird, so daß in der Gleit-

schicht 12 selbst die Aluminiummatrix sehr viel stärker amorphe Eigenschaften aufweist als im Beispiel der Fig. 1, ein Unterschied der allerdings bei der in der Fig. 8 gewählten Vergrößerung nicht sichtbar ist.

#### Bezugszeichenliste

- 10 Schichtwerkstoff
- 11 Trägerwerkstoff
- 12 Zwischenschicht,  $\text{AlZn5SiCuPbMg}$
- 13 Gleitschicht, Funktionsschicht
- 14 Bleiteilchen
- 15 Bleiteilchen
- 16 Zwischenschicht  $\text{CuPb22Sn}$
- 17 Bleiteilchen
- 20 Film
- 21 Tiegel
- 22 Auslaß
- 23 Strahl
- 24 Pfeil
- 25 Induktionsspuie
- 26 Zylinder
- 27 Düsenanordnung
- 28 Strahlen
- 30 Spalt
- 31 Walze
- 32 Walze
- 33 Bandabnehmer
- 34 Kühldüse
- 35 dritte Kühlwalze
- 36 vierte Kühlwalze
- 38 Umlenkwalze
- 39 Bandabnehmer
- 40 Metallband
- 41 Oberflächen-Reinigungs- und -Entoxidationsvorrichtung
- 42 Schutzgasglocke
- 43 Temperiertorrichtung
- 44 Transportrichtung
- 45 Führungs- und Transportbahn
- 46 Gießfließ-Vorrichtung
- 47 Folie
- 48 Laserstrahl-Bündel
- 49 Verbindungsfläche

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes für Gleitelemente mit einer auf eine Trägerschicht aufgetragenen Gleitschicht aus mindestens einer Legierung in Form eines metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems mit Mischungslücke (Monotektikum), dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitschicht kontinuierlich aus der Legierung gegossen und sofort anschließend an das Gießen in kontinuierlichem Durchlauf einer Abkühlung mit für die Verhinderung von Teilchenwachstum der unmischbaren metallurgischen Komponenten über Teilchendimensionen von 0,01 bis  $1\text{ }\mu\text{m}$ , vorzugsweise  $< 1\text{ }\mu\text{m}$ , hinaus ausreichend hoher Erstarrungsgeschwindigkeit unterzogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung bzw. Legierungen auf schmelzmetallurgischem Wege hergestellt und dabei sowie bei ihrer Bereithaltung zum Vergießen bei einer Temperatur oberhalb der dem System und der Zusammensetzung entsprechenden Entmi-



schungstemperatur gehalten wird bzw. werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zu vergießenden Legierung bzw. den zu vergießenden Legierungen dem jeweiligen Legierungstyp angepaßte Keimbildner, P, B, Ti, Si, Boride, Nitride und Oxide, in einem Gewichtsanteil zwischen 0,1 und 3,5% zugesetzt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der definierten Dicke des Flüssigkeitsfilmes mittels Dosierung des erschmolzenen Legierungsstromes aus dem Tiegel vorgenommen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlgeschwindigkeit der gegossenen Legierungsschicht mittels Dosierung des erschmolzenen Legierungsstromes aus dem Tiegel eingestellt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der definierten Dicke durch Regelung der Abzugsgeschwindigkeit der gegossenen Schicht aus der Gießstelle vorgenommen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Legierungen mit Mischungslücke vergossen werden: AlPb, FePb, CuPb, MnPb und NiPb, wobei der Gehalt an Blei größer als die systembedingte eutektische Zusammensetzung und bis zu 40 Masseanteilen in Prozent beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitschicht in Form eines Bandes frei von der Trägerschicht gegossen und nach dem Abkühlen mittels eines Fügeverfahrens, beispielsweise mittels Laserstrahl, fortlaufend auf der Trägerschicht angebracht wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung oder Legierungen in Form eines metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems auf ein die Trägerschicht bildendes, festes, vorzugsweise bandförmiges, metallisches Substrat kontinuierlich als Flüssigkeitsfilm mit definierter Schichtdicke in einer oder mehreren aufeinanderfolgenden Stufen aufgegossen und sofort anschließend zusammen mit dem Substrat unter Verbindung mit dem Substrat mit großer Erstarrungsgeschwindigkeit gekühlt wird bzw. werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die definierte Dicke des Flüssigkeitsfilmes durch Regelung der Vorschubgeschwindigkeit des festen, metallischen Substrates eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlgeschwindigkeit der aufgegossenen Schicht durch Regelung der Vorschubgeschwindigkeit des festen metallischen Substrats eingestellt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der definierten Dicke des Flüssigkeitsfilmes durch Veränderung der Geometrie der Ausflußstelle der Legierung vorgenommen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der definierten Dicke des Flüssigkeitsfilmes durch Einstellung des Abstandes zwischen Ausflußstelle der Legierung und Oberfläche des festen metallischen Substrats vor-

genommen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlgeschwindigkeit der aufgegossenen Schicht durch Einstellung des Abstandes zwischen Ausflußstelle der Legierung und Oberfläche des Substrats vorgenommen wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß durch mehrfaches, aufeinanderfolgendes Begießen und zwischenzeitliches Abkühlen des Substratbandes eine Gesamtschicht aus mehreren Einzelschichten aufgebaut wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtschicht aus Einzelschichten unterschiedlicher Dicken hergestellt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Schichten aus in ihrer jeweiligen Zusammensetzung abgewandelten Legierungen gegossen werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Schichten durch Änderung der Zusammensetzung der Legierung und/oder durch Änderung der Abkühlbedingungen mit verschiedenen Gefügen hergestellt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat vor dem Begießen auf eine entsprechend den Abkühlparametern und entsprechend der Haftungsbildung ausgelegte Temperatur gebracht wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß für das zu begießende Substratband ein Band benutzt wird, auf das vor dem Aufgießen der Gleitschicht eine Zwischenschicht mit guten Gleiteigenschaften aufgebracht wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht aus folgenden Legierungen besteht:

- Kupfer-Blei-Legierungen, beispielsweise Pb 9 bis 25%, Sn 1 bis 11%, Fe, Ni, Mn kleiner/gleich 0,7%, Cu Rest;
- Kupfer-Aluminium-Legierungen, beispielsweise Al 5 bis 8%, Cu Rest;
- Aluminium-Zinn-Legierungen, beispielsweise Cu 0,5 bis 1,5%, Sn 5 bis 23%, Ni 0,5 bis 1,5%, Al Rest;
- Aluminium-Nickel-Legierungen, beispielsweise Ni 1 bis 5%, Mn 0,5 bis 2%, Cu kleiner/gleich 1%, Al Rest;
- Aluminium-Zink-Legierungen, beispielsweise Zn 4 bis 6%, Si 0,5 bis 3%, Cu bis 2%, Mg bis 1%, Al Rest.

22. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Tiegel zum Erhitzen und/oder Gießbereithalten einer Legierung in Form eines mit Mischungslücke behafteten metallurgischen Zwei- oder Mehrkomponentensystems, mit einer an den Tiegel angeschlossenen Gießeinrichtung zum Ausgießen eines Bandes aus der Legierung, ferner mit Einrichtungen zum Auffangen des ausgegossenen Bandes und zum Abführen aus der Gießstelle, sowie mit Kühleinrichtungen für das die Gießstelle verlassende, gegossene Legierungsband, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießeinrichtungen (Auslaß 22, Gießfließ-Vorrichtung 46) zur Ausbildung eines film- oder folienförmigen dünnen Bandes (20, 47) frei oder als Auflage auf ein

Substrat (Metallband 40) ausgebildet ist und die Kühleinrichtung eine zwangsgekühlte Auffangfläche (Zylinder 26) für die zu gießende Folie (47) oder eine zwangsgekühlte Widerlagerfläche (Zylinder 26, Walze 31, Führungs- und Transportbahn (45)) 5 für das zu begießende Substrat (Metallband 40) sowie auf die freie Oberfläche der gegossenen Folie (47) bzw. des aufgegossenen Films (20) gerichtete, hochwirksame Kühleinheiten (Düsenanordnung 27) Kühlwalzen (32, 35, 36) enthalten. 10

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Gießeinrichtung eine gekühlte Walze (26, 31) als Auffänger für die gegossene Folie (47) oder Träger für das zu begießende Substrat (Metallband 40) angeordnet und zu einer 15 der gewünschten Abtransportgeschwindigkeit der Folie (47) bzw. des Filmes (20) aus der Gießstelle entsprechenden, vorzugsweise regelbaren Umdrehungsgeschwindigkeit angetrieben ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Düsenanordnung (27) für 20 Kühlmittel im Bereich der Auffangfläche für die Folie (47) bzw. der Widerlagerfläche für das Substrat (Metallband 40) in Transportrichtung (44) hinter der Gießstelle vorgesehen ist. 25

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß in Transportrichtung (44) hinter der Gießstelle eine auf die freie Oberfläche der Folie (47) bzw. des Filmes (20) greifende Kühlwalze (32) gegenüberliegend zu Auf- 30 fangfläche (Zylinder 26) bzw. Widerlagerfläche (Zylinder 26, Walze 31, Führungs- und Transportbahn 45) angeordnet ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anordnung von mehreren zwangsgekühlten Kühlwalzen (31, 32, 35, 36) zum Hindurchführen der Folie (47) bzw. des gegossenen Substrats (Metallband 40) hinter der Gießstelle vorgesehen ist, wobei zwischen in Transport- 35 richtung (44) hintereinander angeordneten Kühlwalzen (32, 35, 36) auf die Folie 47 bzw. auf das begossene Substrat gerichtete Kühldüsen (34, 34') angeordnet sein können. 40

27. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Gießeinrichtung eine stark zwangsgekühlte Führungs- oder Transport- 45 bahn (45) als Auffänger für die gegossene Folie (47) oder Träger für das zu begießende Substrat (Metallband 40) angeordnet und zu einer der gewünschten Abtransportgeschwindigkeit ( $v$ ) der Folie (47) bzw. des Filmes (20) aus der Gießstelle ent- 50 sprechenden, vorzugsweise regelbaren Laufgeschwindigkeit angetrieben ist, während die Gießeinrichtung einen sich quer über die Führungs- oder Transportbahn (45) erstreckenden Gießfließ- 55 Vorrichtung (46) aufweist, unter dem sich die Führungs- oder Transportbahn (45) bzw. das auf diese gelegte Substrat (Metallband 40) in einem festgelegten, vorzugsweise einstellbaren Abstand ( $\alpha$ ) mit festgelegter, vorzugsweise einstellbarer, Ge- 60 schwindigkeit ( $v$ ) hindurchbewegt.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Gießfließ-Vorrichtungen (46) in festgelegtem gegenseitigem Ab- 65 stand in Transportrichtung (44) der Führungs- oder Transportbahn (45) hintereinander angeordnet sind.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch ge-

kennzeichnet, daß zwischen aufeinanderfolgenden Gießfließ-Vorrichtungen (46) und in Transportrichtung hinter der letzten Gießfließ-Vorrichtung (46) auf die freie Oberfläche der gegossenen Folie (47) bzw. des gegossenen Films (20) einwirkende Kühleinheiten, beispielsweise Kühlmitteldüsen (27) angeordnet sind.

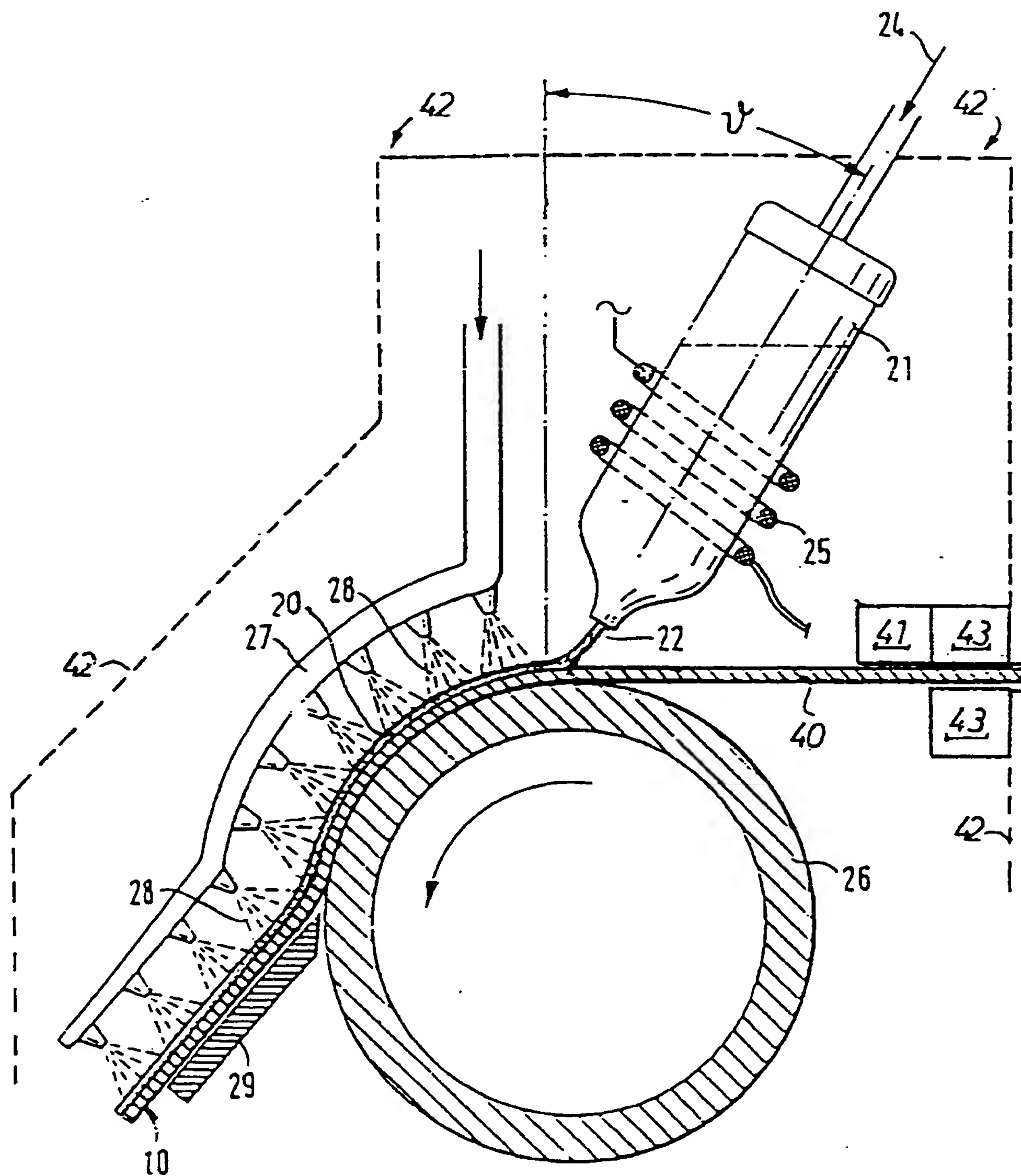
30. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießeinrichtung zur Bildung einer dünnen Folie (47) aus der Legierung angebil- det ist und in Transportrichtung der Folie (47) hinter der Gießstelle und einer ersten Kühleinrichtung (Düsenanordnung 27) eine Fügevorrichtung, insbe- 35 sondere Laserstrahl-Fügevorrichtung (Laserstrahl-Bündel 48), zum kontinuierlichen festen Verbinden der gegossenen erstgeköhlten Legierungsfolie (47) über eine erste zwangsgekühlte Walze (32) und das Substratband über eine zweite zwangsgekühlte Walze (31) zusammengeführt werden und ein La- 40 serstrahl-Bündel (48) in den Vereinigungsspalt (30) dieser beiden Walzen (31, 32) gerichtet ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschickung der Gießstelle mit der erschmolzenen Legierung und deren mengenmäßige Dosierung über einen auf die Oberfläche der im Tiegel (21) befindlichen Legierungsschmelze wirkenden, regelbaren Druck (Pfeil 24) eines Schutzgases durchgeführt wird.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießstelle mit einer Schutzgas zuführenden und über der Gieß- 45 stelle haltenden Einrichtung (Schutzgashaube 42) versehen ist.

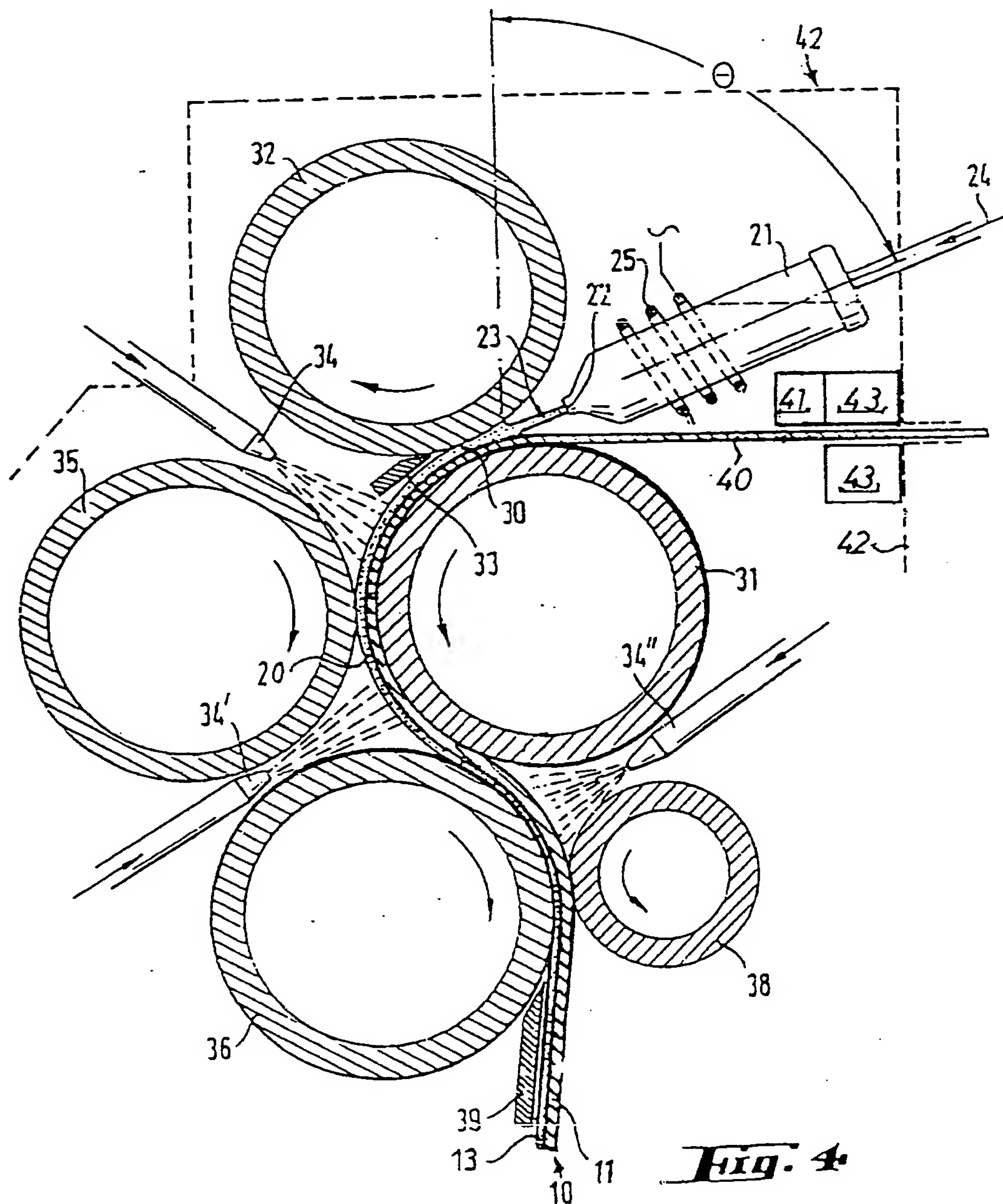
33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Vor- richtungsbereiche, in welchen das Gießen und Ab- kühlen der Legierungsfolie (47) oder des Legie- 50 rungsfilmes (20) erfolgen mit Schutzgas zuführenden und in diesen Vorrichtungsbereichen haltenden Einrichtungen (Schutzgashaube 42) versehen sind.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 3**





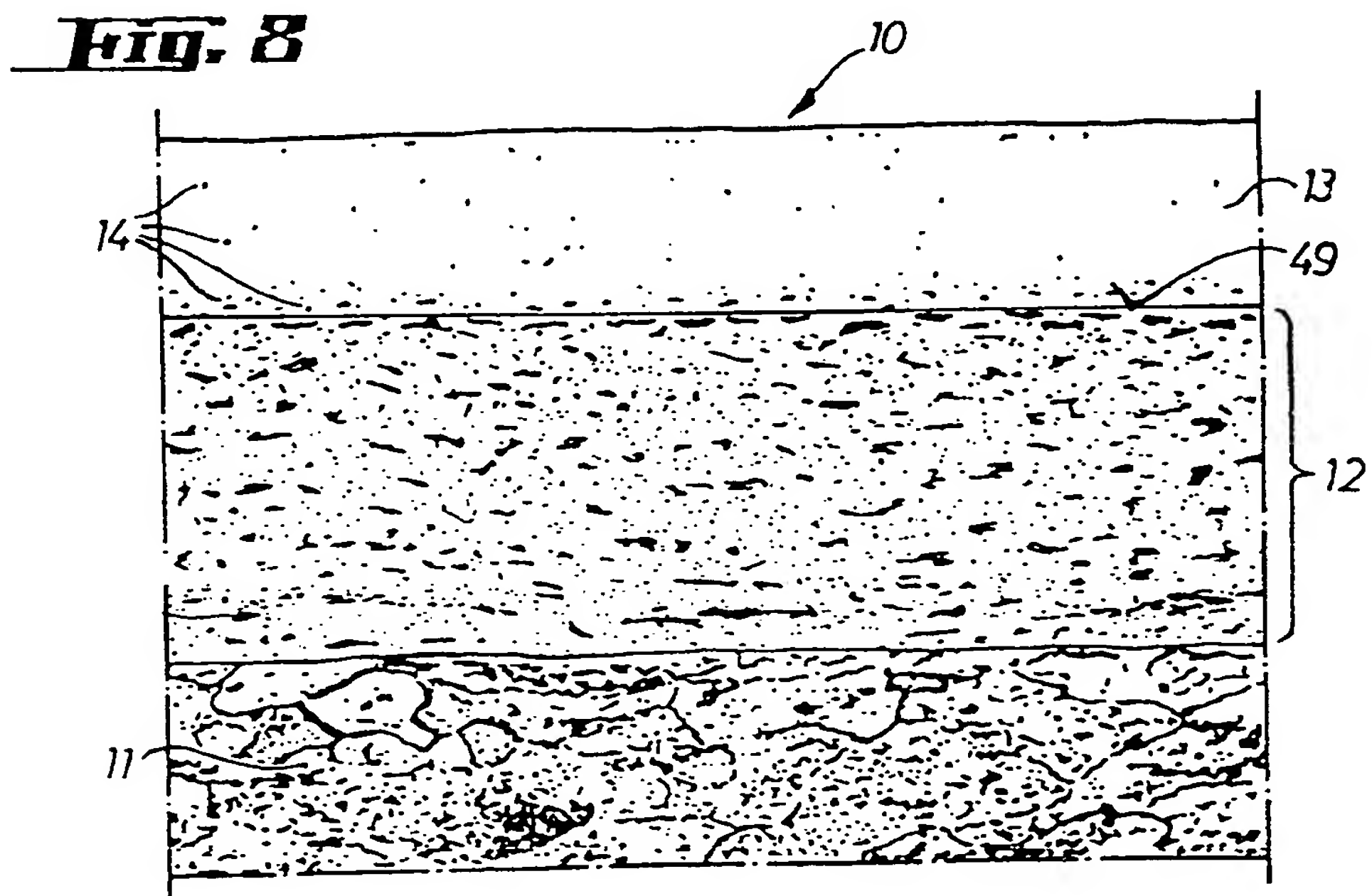
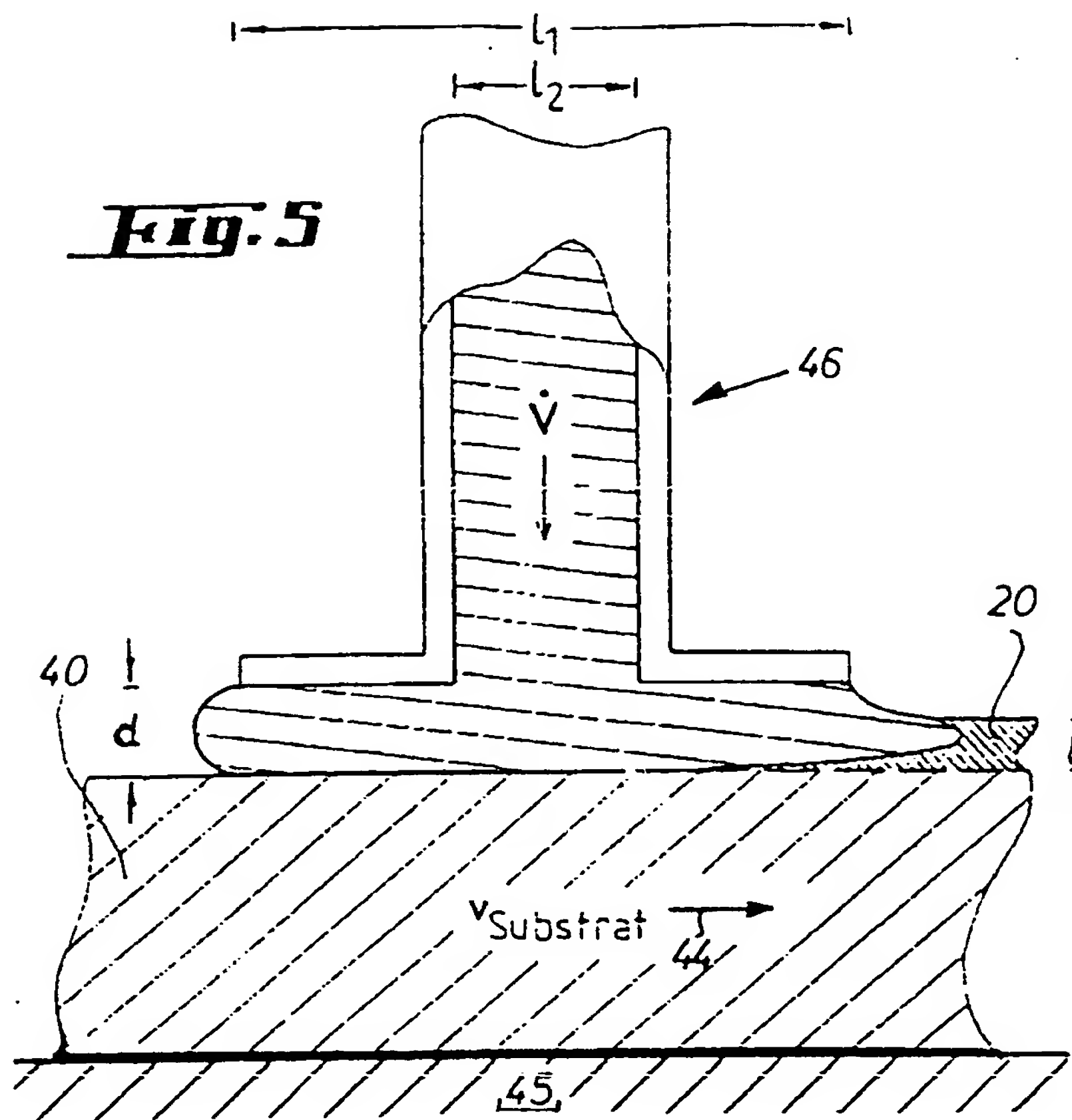
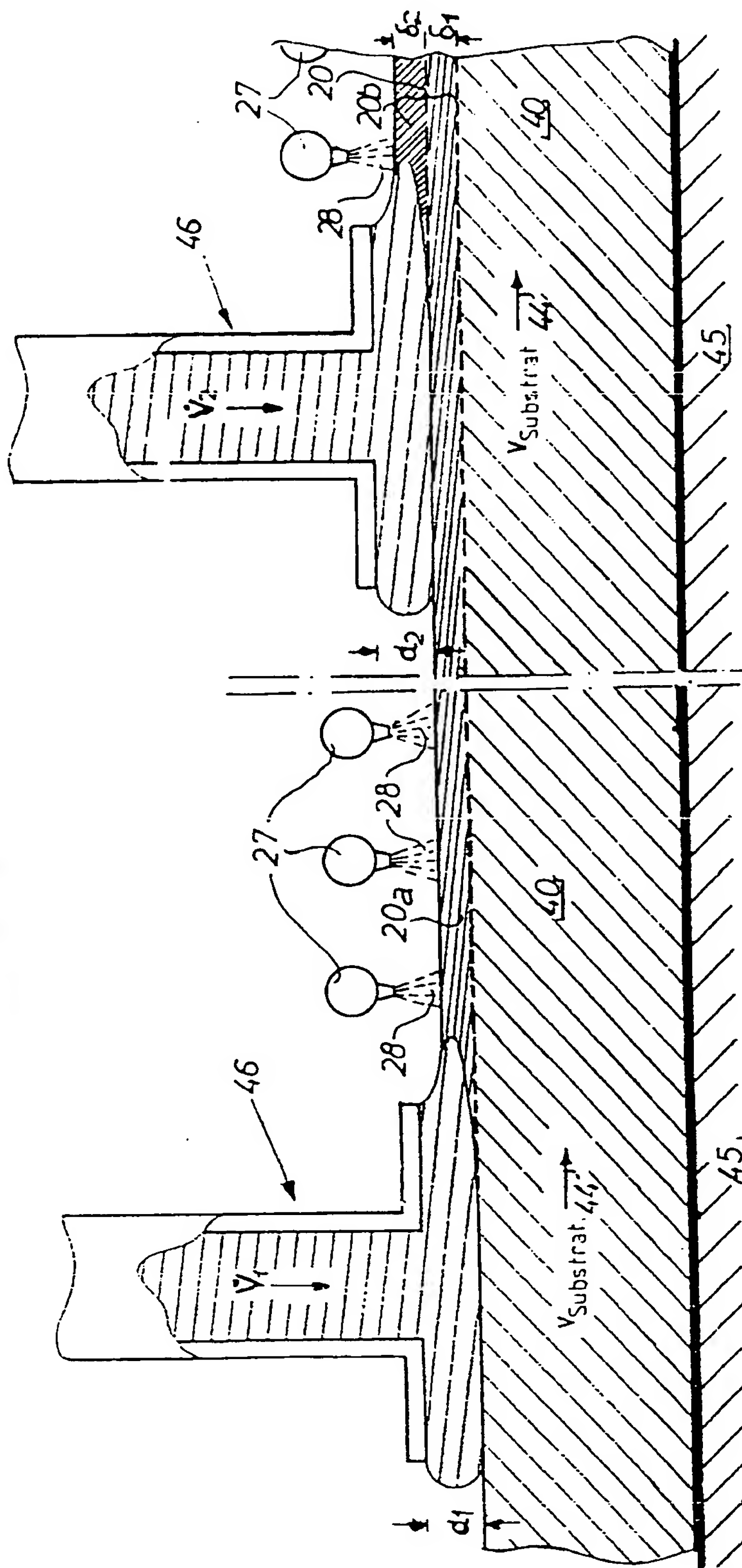
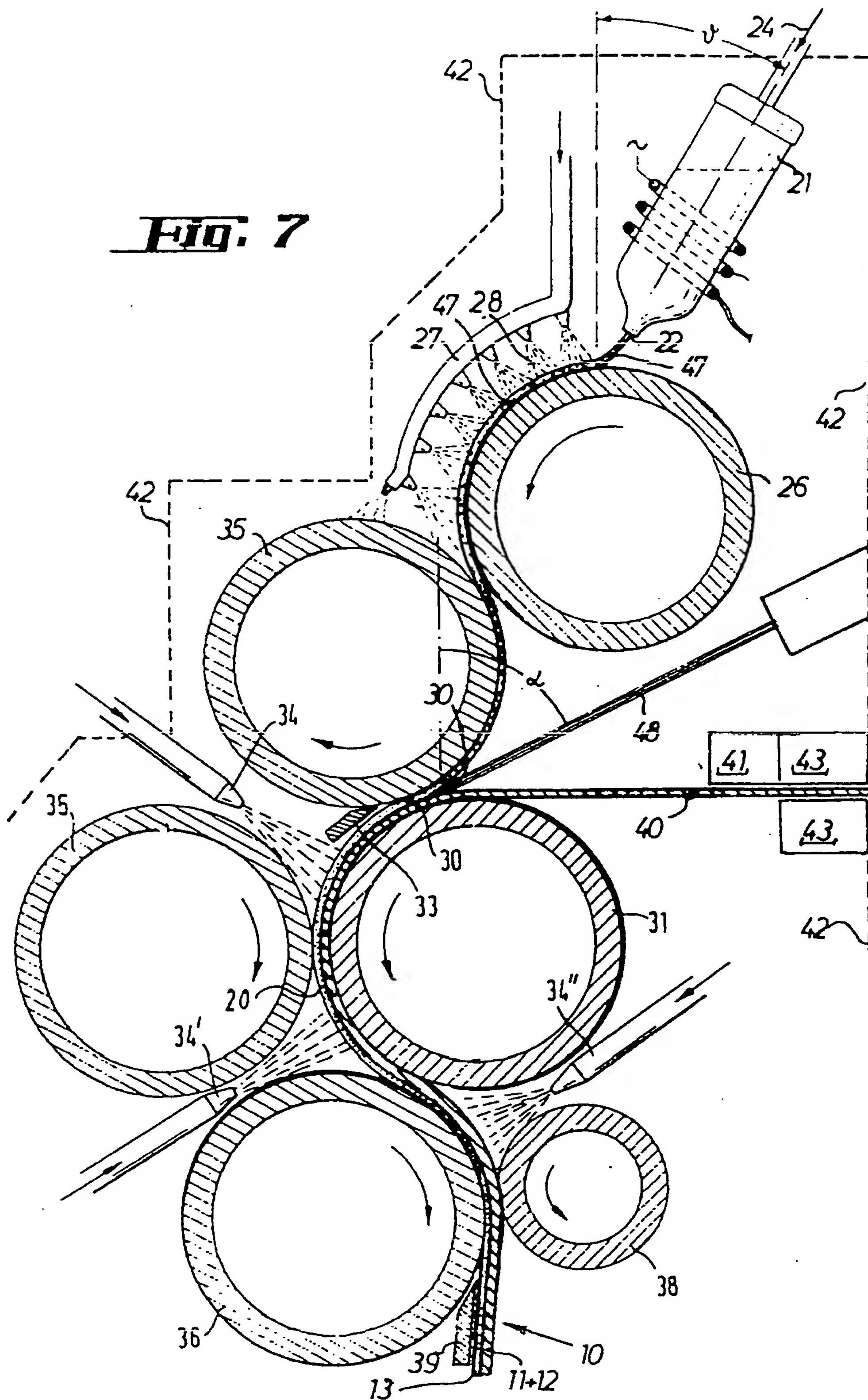


Fig. 6





**Fig. 7**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**